



CERTIFICATE OF MAILING (37 CFR 1.8a)

I hereby certify that this paper (along with any paper referred to as being transmitted herewith) is being deposited with the United States Postal Service on the date shown below with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to the: Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231.

# 1/1 Patent  
paper  
Bl/9  
B. Lau

Bernard Lau  
(Print Name)

(Signature)

Date: NOVEMBER 13, 2002

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:

Ulrich Behrendt, et al.

Serial No.: 10/075,733

Filed: February 14, 2002

For: HOLLOW FIBER MEMBRANE MODULE

RECEIVED  
NOV 20 2002  
TC 1100 MAIL ROOM  
Group No. 1723

TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY

November 13, 2002

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is claimed for this case:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filing Date</u>
Germany	10106722.4	February 14, 2001

Respectfully submitted,

Bernard Lau

Bernard Lau  
Attorney for Applicant  
Reg. No. 38,218  
Hoffmann-La Roche Inc.  
340 Kingsland Street  
Nutley, New Jersey 07110  
Phone: (973) 235-4387

BL/lad  
Enclosure  
54020



# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



RECEIVED  
NOV 20 2002  
TC-1700 MAIL ROOM

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 06 722.4

**Anmeldetag:** 14. Februar 2001

**Anmelder/Inhaber:** Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung eV, München/DE

**Bezeichnung:** Spezielles Hohl-faser-Membranmodul für den  
Einsatz in stark durch fouling beeinträchtigten  
Prozessen und seine Herstellung

**IPC:** B 01 D 63/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. Februar 2002  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Brand

# **Gleiss & Große**

Patentanwälte Rechtsanwälte  
München Stuttgart

Dr. jur. Alf-Olav Gleiss, Dipl.-Ing. PA  
Rainer Große, Dipl.-Ing. PA  
Dr. Andreas Schrell, Dipl.-Biol. PA  
Torsten Armin Krüger, RA  
Nils Heide, RA  
Armin Eugen Stockinger, RA

PA: Patentanwalt  
European Patent Attorney  
European Trademark Attorney  
RA: Rechtsanwalt, Attorney-at-law

D-70469 STUTTGART  
MAYBACHSTRASSE 6A  
Telefon: +49(0)711 81 45 55  
Telefax: +49(0)711 81 30 32  
e-mail: jurapat@aol.com

D-80469 MÜNCHEN  
MORASSISTRASSE 20  
Telefon: +49(0)89 21578080  
Telefax: +49(0)89 21578090  
e-mail: GGpat@aol.com

In cooperation with  
Shanghai Hua Dong Patent Agency  
Shanghai, China

## **Patentanmeldung**

---

**Spezielles Hohlfaser-Membranmodul für den Einsatz in stark durch  
fouling beeinträchtigten Prozessen und seine Herstellung**

---

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung  
der angewandten Forschung e.V.  
Leonrodstraße 54**

**80636 MÜNCHEN**

5 **Beschreibung**

Die vorliegende Erfindung betrifft Hohlfasermembran-Module zur Verwendung als sogenannte „Tauchmodule“ in Filtrations- und/oder Dialyse-Verfahren, insbesondere dann, wenn auf Grund des Einsatzes verschmutzter oder zu Ablagerungen führender Flüssigkeiten Beeinträchtigungen durch „fouling“-Effekte erwartet werden, sowie Verfahren zur Herstellung solcher Hohlfasermembran-Module.

15 Durch die erfindungsgemäßen Hohlfasermembran-Module werden die Strömungsverhältnisse im Raum zwischen den Hohlfasern, also im Außenraum der Hohlfasern beeinflusst, nicht jedoch die Strömung im Lumen der Hohlfasern.

20 In der Industrie werden seit einigen Jahren beispielsweise in der Abwasserreinigung oder in der Biotechnologie synthetische Membranen zur Stofftrennung eingesetzt. Dabei spielen insbesondere die Aufarbeitung wässriger Systeme, aber auch die Trennung von Gasen oder Gemischen organischer Flüssigkeiten eine Rolle. Neben Membranen aus vorwiegend organischen Materialien, beispielsweise Polysulfonen, gibt es auch Membranen, die aus anorganischen Materialien, wie zum Beispiel Aluminiumoxid, Kohlenstoff-Fasern und Zirkoniumoxid bestehen, und die  
30 mit Temperaturen bis 400°C belastet werden können.

Unter Verwendung von Druck oder Unterdruck können Membranfiltrationsverfahren sowohl kontinuierlich als auch diskontinuierlich als Ultrafiltration oder zusammen mit einer Konzentrationsdifferenz als Dia-  
5 filtration angewandt werden. Bei Filtrationsvolumina  $< 1000$  ml werden Filterzellen oft mit Membranflächfiltern ausgestattet, während man für größere Volumina Kapillar- oder Hohlfasersysteme verwendet. Von Kapillar- beziehungsweise Rohrmembranen spricht  
10 man, wenn der Durchmesser der rohrförmigen Membranen  $> 1$  mm ist, von Hohlfasermembranen, wenn der Durchmesser  $< 1$  mm ist, wobei der Durchmesser einer Dialysemembran typischerweise 0,2 bis 0,5 mm beträgt.

15 Membranen für Filtrations- oder Dialyseverfahren stellen dünne, folienartige, entweder so genannte „dichte“ oder poröse Trennschichten dar. Die porösen Trennschichten sind je nach Porengröße nur für bestimmte Molekular- oder Partikelgrößen durchlässig,  
20 während die so genannten „dichten“ Trennschichten je nach Löslichkeit und Diffusivität der zu trennenden Stoffe im Material der Trennschichten die Stoffe schneller oder langsamer permeieren lassen und so zu einer Trennung führen. Membranen haben oft eine schaumartige Stützstruktur mit 60% bis  
25 80% Hohlraum, welche die eigentliche Trennschicht trägt. Asymmetrisch aufgebaute Membranen bestehen aus einer hochporösen Stützschrift, bei der die Größe der Hohlräume innerhalb der Stützstruktur zu  
30 der Seite hin, welche die eigentliche Trennschicht trägt, abnimmt.

Zur Aufarbeitung größerer Lösungs-Volumina werden  
schlauchförmige Membranbündel aus Hohlfasern (hollow  
fiber)- oder Kapillarmembranen, die aufgrund einer  
großen Membranoberfläche einen größeren Durchlauf  
5 von Lösungen ermöglichen, direkt in die zu bearbei-  
tende Lösung als so genannte Tauchmodule einge-  
bracht. Zum Schutz der Membranbündel vor mechani-  
schen Beschädigungen, die beispielsweise durch von  
der Flüssigkeitsströmung hervorgerufene Kräfte be-  
10 wirkt werden können, werden die Membranbündel häu-  
fig in einem Gehäuse untergebracht, das den Hohlfa-  
sermembranen ausreichenden Schutz und nach außen  
hin Stabilität verleiht. Das Gehäuse weist dabei  
15 Öffnungen auf, die den Austausch von Lösungen zw-  
ischen dem Gehäuse-Inneren, also den Hohlfasermemb-  
ranen, und dem Medium, in welches das Hohlfasern-  
membran-Modul eingetaucht wurde, ermöglichen sol-  
len.

Bei der üblicherweise verwendeten Bauart eines  
20 Membranmoduls, welches nicht als Tauchmodul be-  
zeichnet werden kann, haben die Wände des schützen-  
den Gehäuses keine Öffnungen, sind also undurchläs-  
sig, und das Gehäuse hat statt dessen zwei An-  
schlüsse, nämlich eine Zu- und eine Ableitung,  
25 durch welche das zu bearbeitende Medium den Außen-  
flächen der Hohlfasern zu- und dann wieder von die-  
sen weggeführt wird.

Bei solchen üblicherweise verwendeten Modulen wird  
eine möglichst hohe Packungsdichte angestrebt, was  
30 bedeutet, dass so viel Hohlfasermembranen wie mög-  
lich parallel im Gehäuseinneren untergebracht sind  
und das Gehäuse somit eine hohe Packungsdichte auf-

weist. Unter dem Begriff „Packungsdichte“ wird das Verhältnis des Volumens aller Hohlfasermembranen einschließlich ihres Wandvolumens zum Volumen des Gehäuses, in dem die Hohlfasern angeordnet sind, in Prozent verstanden. Eine hohe Packungsdichte bedeutet daher ein kleines Volumen der zwischen den tubulären Membranfasern gebildeten Hohl- oder Freiräume innerhalb des Gehäuses. Eine naturgemäße obere Grenze der Packungsdichte von  $< 100\%$  ergibt sich dadurch, dass innerhalb des definierten Volumens des Gehäuses nur eine solche Anzahl von tubulären Membranen parallel angeordnet werden kann, die das vorgegebene Volumen nicht ausschöpfen kann. Die Beschränkung ergibt sich dadurch, dass bei Berührung der tubulären Membranen Zwischenräume entstehen, die keine tubuläre Form aufweisen, und somit selbst bei idealster Anordnung einen Resthohlraum übrig lassen. Die Packungsdichte wird jedoch noch durch zwei weitere wichtige Faktoren begrenzt. Einerseits muss beim Vergießen der Hohlfaserenden Dichtungsmaterial zwischen die Hohlfasern eingebracht werden und andererseits sollen die Hohlfasern auch an ihrer Außenfläche von den im Einsatz befindlichen Lösungen umströmt werden, damit je nach Betriebsweise des Moduls entweder eine zu filtrierende Lösung in Kontakt mit den Membranen gebracht werden kann oder aber Filtrat abgeführt werden kann. Die Hohlfaserbündel müssen an ihren Enden in ein sogenanntes Vergussmaterial eingebettet werden, damit auf diese Weise, ebenso wie bei Rohrbündelwärmeaustauschern, an jedem Ende ein im Folgenden als „Pottung“ bezeichneter Rohrboden entsteht. Dadurch entstehen zusammen mit dem Gehäuse, in welches das Bündel eingebracht wird, zwei Räume, die durch die Membran

getrennt werden. Die so entstandenen, getrennten Räume, können dann jeweils mit einer Zu- und einer Abführungsleitung versehen werden, um in den einen Raum das zu behandelnde Feed zuzuführen und als Retentat daraus abzuführen und aus dem anderen Raum das aus dem Feed gewonnene Filtrat abzuführen.

Die Packungsdichte der üblicherweise verwendeten, herkömmlichen Hohlfasermembran-Module liegt daher bei etwa 25% bis 30%.

- 10    Herkömmliche Hohlfasermembran-Module sind vor allem für den Einsatz in partikelfreien Lösungen, das heißt nicht verschmutzten beziehungsweise nicht zu Ablagerungen neigenden Lösungen oder Medien, konzipiert. Solche herkömmlichen, dicht gepackten Membranmodule mit einem perforierten Modulgehäuse werden jedoch häufig ebenfalls bei technischen Prozessen eingesetzt, in denen partikelhaltige Medien, beispielsweise verschmutzte Flüssigkeiten bei der Abwasserbehandlung, eingesetzt. Insbesondere bei  
15    solchen partikelhaltigen Medien tritt im Verlauf des Filtrationsprozesses ein sogenanntes "fouling" auf, das heißt auf den Membranflächen bilden sich im Lauf der Zeit zunehmend Ablagerungen, die die Durchlässigkeit der Membranen für die abzutrennenden Stoffe immer stärker herabsetzen. Dies kann so weit führen, dass der konvektive Transport innerhalb des Hohlfasermembran-Moduls, das heißt zwischen den Hohlfäden, vollständig unterbunden wird und die Transportleistung des gesamten Moduls um  
20    Größenordnungen abnimmt, da nur noch ein geringer Prozentsatz der im Modul untergebrachten Gesamtmembranfläche zur Stofftrennung zur Verfügung



steht. Werden beispielsweise Bündel von Hohlfasern verwendet, können insbesondere nur noch die am äußeren Umfang des Bündels angeordneten Hohlfasern am konvektiven Transport des Außenraums teilhaben. Bei  
5 den im Inneren des Moduls angeordneten Hohlfasern erfolgen im äußersten Falle nur noch Diffusionsprozesse, die jedoch aufgrund der Ablagerungen ebenfalls stark beeinträchtigt werden.

Zur Beseitigung der Ablagerungen von „fouling“-  
10 Prozessen werden üblicherweise chemische oder mechanische Reinigungsverfahren, wie Rückspülung, mechanisches Rütteln, Ultraschall-Verfahren usw. angewendet. Abgesehen davon, dass diese Reinigungs-  
15 verfahren mit einem hohen energetischen Aufwand verbunden sind, bergen sie stets das Risiko einer mechanischen Beschädigung der Hohlfasermembranen in sich. Wenn diese üblichen Maßnahmen nicht mehr anwendbar sind, bleibt als einzige Maßnahme eine geeignete Anströmung der Membranoberfläche durch die  
20 Feed-Lösung.

Um „fouling“-Prozesse speziell bei Anwendungen in Belebungsbecken in Kläranlagen zu unterbinden, wurde ein Filtrationsverfahren (WO 99/29401; Zenon Environmental, Inc., Burlington, Ontario, CA) entwickelt, bei dem Kapillarmembranen ohne schützendes  
25 Gehäuse direkt in das Belebungsbecken eingebracht werden. Um die Fasern von Ablagerungen frei zu halten, werden sie mit einem gleichmäßigen Strom von Luftblasen überspült. Diese Fasern weisen allerdings einen teilweise erheblich größeren Durchmesser  
30 auf als die üblicherweise verwendeten Fasern, die einen Durchmesser von weniger als 1 mm aufwei-

sen. Darüber hinaus besitzen sie dicke Stützstrukturen. Außerdem lassen sich diese Hohlfasern nur an solchen Stellen im Belebungsbecken einsetzen, an denen die von der Strömung induzierten mechanischen Kräfte sehr klein sind beziehungsweise sehr klein gehalten werden können. Bei dieser speziellen Anwendung betragen die Abstände zwischen den einzelnen Kapillarmembranen bis zu mehreren Millimetern.

Im Stand der Technik sind auch handelsübliche Hohlfaser-Systeme bekannt, bei denen in einem Gehäuse mehrere einzelne, dicht gepackte Module, beispielsweise mit einer Packungsdichte von 20 bis 35%, in paralleler Verschaltung untergebracht sind. Auf diese Weise ergeben sich im Prinzip vereinzelte Stränge, zwischen denen ausreichend Platz vorhanden ist, um eine bessere An- beziehungsweise Durchströmung der Einzelstränge zu gewährleisten und „fouling“-Prozesse zu minimieren. Solche Systeme erfordern jedoch ein technisch sehr aufwendiges Gehäuse, dessen Herstellung entsprechend teuer ist.

Darüberhinaus ist bei Flachmembranen umfassenden Wickelmodulen oder Elektrodialyse-Stacks die Verwendung so genannter Spacer bekannt. Die Spacer sollen einerseits für gleichmäßige Abstände zwischen den einzelnen Membranen sorgen und andererseits die Strömung der Lösung in den jeweiligen feed- oder permeatseitigen Kompartimenten des Membranmoduls gleichmäßig verteilen, um so eine Überströmung der gesamten Membran zu bewirken. Bei den verwendeten Spacermaterialien handelt es sich um netzartige Strukturen mit unterschiedlich großen Maschenweiten. Diese herkömmlichen Spacermateria-

lien führen jedoch zu einem zusätzlichen Druckabfall der Flüssigkeitsströmung, der nur durch einen zusätzlichen Energieaufwand ausgeglichen werden kann. Herkömmliche Module mit Spacern erfordern daher eine zwangsweise Durchströmung ihres Außenraums.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Hohlfasermembran-Modul zur Verfügung zu stellen, das zur Verwendung als Tauchmodul in unterschiedlichsten Membran-Stofftrennverfahren geeignet ist und bei dem während des Trennverfahrens die Bildung von Ablagerungen auf den Membranoberflächen, die durch zu geringe Anströmung der Membranen verursacht wird, weitestgehend oder vollkommen beseitigt ist, bei dem die zu Bündeln angeordneten Hohlfasermembranen gut um beziehungsweise angeströmt werden und bei dem der Stofftransport vom Feed- in den Permeatraum während des gesamten Stofftrennprozesses nahezu konstant bleibt, wobei das Hohlfasermembran-Modul sowohl in partikelfreien Medien oder Lösungen als auch in partikelhaltigen Medien oder Lösungen, insbesondere verschmutzten Medien oder zu Ablagerungen neigenden Medien, eingesetzt werden kann.

Die vorliegende Erfindung löst dieses technische Problem durch die Bereitstellung eines Hohlfasermembran-Moduls gemäß Hauptanspruch, das besonders für den Einsatz als Tauchmodul für biotechnische Prozesse konzipiert ist und durch die folgenden wesentlichen Merkmale charakterisiert ist:

Das Hohlfasermodul umfasst mindestens ein, vorzugsweise mit Öffnungen im Mantel versehenes und vorzugsweise zylinderförmiges, Gehäuse und eine Mehrzahl von in oder auf dem Gehäuse in einem Packungsraum untergebrachten Hohlfasermembranen mit einem gleichen oder unterschiedlichen Querschnitt, welche parallel zueinander, insbesondere unter Ausbildung von Freiräumen angeordnet sind, wobei das Verhältnis des Volumens von allen in dem Packungsraum angeordneten Hohlfasermembranen einschließlich ihrer Wände zum Volumen des Packungsraumes weniger als 20% beträgt.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter dem Begriff Packungsraum der von dem Gehäuse des Moduls umhüllte Gehäuseinnenraum verstanden, sofern in diesem Hohlfasermembranen angeordnet sind. Sofern Hohlfasermembranen außerhalb des Gehäuses angeordnet sind, wird unter dem Begriff Packungsraum der außerhalb des Gehäuses befindliche Raum verstanden, in dem die Hohlfasermembranen angeordnet sind und der nach innen hin durch die Außenfläche des Gehäuses und nach außen hin durch eine den die Membranhohlfasern enthaltenen Raum umhüllende innere Mantelfläche eines zweiten radial außen liegenden Gehäuses oder einer entsprechenden gedachten Umhüllenden beziehungsweise Mantelfläche gebildet wird. Diese Umhüllende kontaktiert in bevorzugter Ausführung in dieser Ausführungsform vorhandene Segmentierelemente an deren peripher liegenden Kanten. Diese Mantelfläche oder Umhüllende ist die Innenfläche eines im Querschnitt gesehen ringförmigen Kanals. Der Kanal hat insbesondere einen kreisringförmigen Querschnitt. In bevorzugter

Ausführung ist das innen liegende Gehäuse im Querschnitt kreisrund, wobei der dieses Gehäuse umgebende Ringkanal des äußeren Gehäuses oder der gedachten Mantelfläche konzentrisch zum Gehäuse angeordnet ist. Sofern Membranhohlfasern sowohl innerhalb als auch außerhalb des inneren Gehäuses angeordnet sind, stellt der Packungsraum sowohl den Raum innerhalb als auch außerhalb des inneren Gehäuses dar, mithin also den Raum, der von der äußeren Umhüllenden des Gesamtraums des Moduls, also der Innenfläche des Ringkanals umfasst ist.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter dem Begriff Packungsdichte das Verhältnis des Volumens von allen in dem Packungsraum angeordneten Hohlfasermembranen einschließlich des Volumens ihrer Wände zu dem Volumen des Packungsraums, ausgedrückt in Prozent, verstanden.

Erfindungsgemäß ist also vorgesehen, dass die Packungsdichte des erfindungsgemäßen Hohlfasermembran-Module gering ist und weniger, bevorzugt viel weniger als 20% beträgt.

In einer bevorzugten Ausgestaltung kann die Packungsdichte auch durch das Verhältnis der Summe der Querschnitte aller Hohlfasern in dem Packungsraum zu dem Querschnitt des Packungsraums beschrieben werden. Die Packungsdichte des erfindungsgemäßen Hohlfasermembran-Modul ist daher wesentlich kleiner als die der im Stand der Technik bekannten Hohlfasermembran-Module, deren Packungsdichte bei 25% bis 30% liegt. Erfindungsgemäß weisen die Module einen großen Anteil an Freiräumen, also an Pa-

ckungsraum, in dem über die gesamte Länge des Moduls keine Hohlfasermembranen angeordnet sind, auf. Darüber hinaus ist der Mantel des Modulgehäuses mit sehr großen Öffnungen versehen, so dass zwischen  
5 den im Gehäuseinneren angeordneten Hohlfasern und der Flüssigkeit oder dem Medium, in der/dem das Modul untergebracht ist, ein ungehinderter Flüssigkeitsaustausch erfolgen kann, ohne dass die Stabilität des Gehäusemantels beeinträchtigt ist. Be-  
10 dingt durch die geringe Packungsdichte und die, bezogen auf die Gesamtfläche des Gehäusemantels, sehr große Fläche der Mantelöffnungen, kann die Strömung der Flüssigkeit oder des Mediums das Modul besser durchströmen und somit die Bildung von Ablagerungen  
15 auf den Oberflächen der einzelnen Hohlfasern wirksam verhindern.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung werden unter dem Begriff Hohlfaserbündel beziehungsweise Hohlfasermembranbündel jeweils in einem durch  
20 Segmentierelemente abgegrenzten Kompartiment angeordnete Hohlfasern beziehungsweise Hohlfasermembranen verstanden. Dabei können innerhalb der Anordnungen die Hohlfasern untereinander durch verbindende Strukturen zusammengehalten werden, bei-  
25 spielsweise durch radial um die Bündel herumlaufende Elemente, oder sie können auch lose nebeneinander angeordnet sein, erfindungsgemäß jedoch mit einem Abstand, der eine gute Umströmung der Fasern zulässt.

30 Hohlfaserbündel erstrecken sich vorzugsweise über die gesamte Länge des Modulgehäuses.

In weiteren bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung ist vorgesehen, dass in oder auf dem mit Öffnungen versehenen Gehäuse mehrere beabstandete Hohlfaserbündel in relativ geringer Packungsdichte angeordnet sind, wobei die einzelnen Hohlfaserbündel durch am Gehäuse angebrachte Segmentierelemente räumlich voneinander getrennt sind. Die Längsachse der Segmentierelemente erstreckt sich parallel zur Längsachse des Gehäuses und vorzugsweise über die gesamte Länge des Gehäuses.

In einer Ausgestaltungsform sind die Segmentierelemente an der Innenfläche des mit Öffnungen versehenen Gehäusemantels angebracht und ragen somit in den Innenraum des Gehäuses hinein, wobei dadurch im Innenraum des Gehäuses Kompartimente erhalten werden, die mit Hohlfasern gefüllt werden können. In dieser Ausgestaltung sind die Hohlfaserbündel also im Innenraum des Gehäuses angeordnet.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die Segmentierelemente an der Außenfläche eines ersten, insbesondere Öffnungen im Mantel aufweisenden, Gehäusezylinder befestigt. Die vorzugsweise an den Segmentierelementen fixierten Hohlfasermembranbündel sind daher auf der Außenseite des Mantels des ersten Gehäusezylinders angeordnet. In dieser Ausgestaltung wird das gesamte Modul aus Stabilitätsgründen in einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung in ein zweites zylinderförmiges Gehäuse, das im Querschnitt gesehen kreisförmig ausgebildet sein kann, eingebracht. Das zweite Gehäuse bildet gleichsam die Umhüllende des außerhalb des inneren Gehäuses gelegenen Packungsraums und

kann zum Beispiel als Käfig ausgestaltet sein. Zusammen mit den Segmentierelementen bilden innerer und äußerer Zylinder in bevorzugter Weise einen segmentierten Ringkanal.

- 5 Die bei diesen beiden Ausgestaltungen verwendeten erfindungsgemäßen Segmentierelemente unterscheiden sich sowohl hinsichtlich ihrer Form als auch hinsichtlich ihrer Anordnung im oder auf dem Gehäuse von den im Stand der Technik beschriebenen Spacer-
- 10 Elementen. Die Segmentierelemente bestehen aus einem Rahmenteil, das eine große freie Durchtrittsfläche umschließt. Durch die große Durchtrittsfläche und auch durch die spezifische Anordnung dieser Elemente im Modul, die eine spezifische Anordnung
- 15 der Hohlfasermembranbündel in oder auf dem Gehäuse nach sich zieht, wird erreicht, dass im Vergleich zu den im Stand der Technik beschriebenen Modulen das Volumen der Freiräume innerhalb der erfindungsgemäßen Module nochmals erheblich vergrößert wird
- 20 und somit die Packungsdichte in den erfindungsgemäßen Modulen wesentlich verringert wird. Bezogen auf die Gesamtzahl der Hohlfasern aller Bündel eines erfindungsgemäßen Hohlfasermembran-Moduls liegt die Packungsdichte innerhalb des erfindungsgemäßen Moduls unter 10%, insbesondere unter 5%. Durch die
- 25 spezifische Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Segmentierelemente wird ebenfalls der Widerstand gegenüber der Strömung der Lösung oder des Mediums erheblich herabgesetzt, so dass die Strömung die im
- 30 Modul angeordneten Hohlfasern besser umströmen und somit die Bildung von Ablagerungen auf den Oberflächen der einzelnen Hohlfasern wirksam verhindert werden kann.



Durch die geringe Packungsdichte der erfindungsgemäßen Hohlfasermodule innerhalb des Moduls, die Verwendung von erfindungsgemäßen Segmentierelementen mit sehr großen Durchtrittsflächen in bevorzugten Ausführungsformen und die Verwendung eines Modulgehäuses mit sehr großen Öffnungen wird erreicht, dass innerhalb des Moduls die Feed-Lösung die einzelnen Hohlfasermembranen turbulent überströmen kann. Auf diese Weise werden zwar einerseits nicht die hohen Membranflächen der bisher im Stand der Technik beschriebenen Hohlfasermodule erreicht, aber während des gesamten Trennprozesses verändern sich erfindungsgemäß die Transportkoeffizienten nur wenig, so dass im Gegensatz zu herkömmlichen Hohlfasermembran-Modulen die für den Stoffaustausch entscheidende Größe, nämlich das Produkt aus Membranfläche und Transportkoeffizient, während des gesamten Prozesses nahezu konstant bleibt. Gegenüber herkömmlichen Membranmodulen sind daher die Stofftransferraten in dem erfindungsgemäßen Hohlfasermodule am Anfang des Filtrationsprozesses kleiner, im zeitlichen Mittel sind sie jedoch wesentlich größer als bei herkömmlichen Vorrichtungen, bei denen im Verlauf der Zeit ein starkes Fouling auftritt.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter einer Hohlfasermembran oder tubulärer Hohlfasermembran eine technische Membran verstanden, besonders bevorzugt eine dünne, folienartige und poröse Trennschicht. Eine derartige poröse Membran kann auch eine homogene schaumartig ausgebildete Stützschrift aufweisen, insbesondere dann, wenn sie besonders dünn ist. Erfindungsgemäß ist der Einsatz

von Membranen mit einer homogen ausgebildeten Stützschrift ebenso möglich wie der Einsatz von Membranen mit einer asymmetrischen Stützschrift. Bei dem erfindungsgemäßen Membranmodul handelt es sich in bevorzugter Weise um ein Membranfilter, dessen Membran in besonders bevorzugter Weise beispielsweise aus keramischen oder polymeren Materialien, wie zum Beispiel Cellulose-Derivaten, Polyamiden, Polyvinylchlorid, Polysulfon und/oder Teflon hergestellt sein kann und aus diesem besteht oder dieses in wesentlichen Teilen enthält, insbesondere zu mehr als 50 Gew.-%. Das zur Herstellung der Membran verwendete Material ist in besonders bevorzugter Weise mit Heißdampf sterilisierbar. In bevorzugter Weise weisen die Membranen eine Dicke von 50 bis 250  $\mu\text{m}$  auf. Die erfindungsgemäß eingesetzten Membranen sind vorzugsweise als Rohrmembran oder tubuläre Membran ausgeführt.

Die Erfindung sieht in besonders bevorzugter Ausführungsform vor, dass die Rohrmembran aus einem polymeren Material besteht. Selbstverständlich können auch andere Rohrmembranen eingesetzt werden, beispielsweise eine keramische Rohrmembran, solange sie im wesentlichen tubuläre Formen sowie einen Porendurchmesser aufweisen, der entsprechend des jeweiligen Anwendungsgebietes eine entsprechende Selektionsgrenze, das heißt Trenngrenze, aufweist, so dass bestimmte Partikel, beispielsweise Bakterien, Viren, Zellen menschlicher, tierischer oder pflanzlicher Herkunft, Teile davon und/oder hochmolekulare Substanzen, zurückgehalten werden, während andere Partikel geringeren Molekulargewichts die Membran ungehindert passieren können. Es können auch

Filtrationshohlfasern, insbesondere Mikrofiltrationshohlfasern, eingesetzt werden. In besonders bevorzugter Ausführungsform der vorliegenden Erfindung liegt der Innendurchmesser der tubulären Membran in einem Bereich von 0,2 bis 2 mm.

Innerhalb des Modulgehäuses können die einzelnen Hohlfasermembranen in beliebiger Anordnung vorliegen, sofern die Bewegungsfreiheit der einzelnen Hohlfasern in der Strömung soweit eingeschränkt ist, dass es nicht zum Bruch oder zum Zerreißen der Hohlfasern kommt. Die Anordnung wird im wesentlichen durch die Materialeigenschaften des zur Herstellung der Hohlfasern verwendeten Werkstoffs beziehungsweise den speziellen Verwendungszweck des fertigen Moduls bestimmt. Bestehen die Hohlfasern beispielsweise aus einem relativ flexiblen Material und soll das Hohlfasermodul in Medien bei relativ starker Strömung eingesetzt werden, ist es von Vorteil, die Hohlfasern zu einem Bündel beziehungsweise Strang zusammenzufassen und dann in dem mit Öffnungen versehenen Gehäuse zu integrieren, um so eine zusätzliche Fixierung und/oder Stabilisierung der Fasern zu erhalten.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung bedeutet der Begriff "gleicher oder unterschiedlicher Querschnitt", dass die Querschnitte einzelner Hohlfasermembranen, das heißt also die durch einen ebenen Schnitt senkrecht zur Längsachse tubulärer Hohlfasern erhaltene Schnittflächen der Hohlfasern, bezüglich der Form und bezüglich der Größe gleich oder unterschiedlich sein können. Beispielsweise können die Querschnitte die Form eines Kreises, die

Form einer Ellipse oder eine Übergangsform zwischen Kreis und Ellipse aufweisen.

Im Zusammenhang mit der Erfindung bedeutet der Ausdruck „Hohlfasern, welche parallel zueinander unter  
5 Ausbildung von Freiräumen angeordnet sind“, dass die innerhalb oder/und außerhalb des Modulgehäuses befindlichen Hohlfasern in einer solchen Weise parallel zueinander angeordnet sind, dass nicht nur die Freiräume erhalten werden, die sich im Falle  
10 einer theoretisch dichtestmöglichen Packung vorgegebener zylinderförmiger Körper in einem größeren Gehäuse definierten Volumens also des Packungsraumes natürlicherweise zwischen diesen Körpern ergeben, sondern dass zusätzlicher Freiraum im  
15 Packungsraum, zum Beispiel zwischen den Hohlfasern, vorhanden ist. Auch ist zu berücksichtigen, dass es sich insbesondere bei Hohlfasern aus polymeren Materialien nicht um starre, ideal zylinderförmige Fasern, sondern um flexible, im Kleinen oft stark  
20 von der Zylinderform abweichende Gebilde handelt. Insofern bedeutet parallele Anordnung die parallele Ausrichtung der jeweils mittleren Richtung der Hohlfasern.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das erste  
25 und/oder zweite Gehäuse des Moduls vorzugsweise die Form eines Zylinders oder eines so genannten Filterrohres aufweist. Das zylinderförmige Gehäuse bietet in mehrfacher Hinsicht Vorteile. Einerseits können Hohlfasern im Gehäuse so angeordnet werden,  
30 dass optimale Bedingungen für ihre Funktion, nämlich die Stofftrennung aus Lösungen, gegeben sind. Andererseits bietet es den tubulären Hohlfasern in

- besonderem Maße Schutz vor mechanischer Beschädigung, insbesondere vor einer zu starken mechanischen Belastung durch die Flüssigkeitsströmung, die ansonsten die in einigen Fällen äußerst empfindlichen Hohlfasern brechen oder zerreißen könnte. Der Querschnitt der zylinderförmigen Gehäuse kann beispielsweise die Form eines Kreises, einer Ellipse oder eines regelmäßigen Vielecks, beispielsweise eines Sechsecks oder eines Achtecks, aufweisen.
- 10 Damit auch ausreichend Flüssigkeit aus der Umgebung durch das erste und/oder zweite Gehäuse hindurch in das Gehäuseinnere strömen kann, ist der Mantel des Gehäusezylinders vorzugsweise mit ausreichend großen Öffnungen versehen. Erfindungsgemäß ist insbesondere vorgesehen, dass die einzelnen Öffnungen
- 15 charakteristische Abmessungen von mehreren Millimetern aufweisen. Handelt es sich beispielsweise in der ebenen Projektion dieser Öffnungen um Quadrate, so beträgt deren Seitenlänge in Abhängigkeit vom
- 20 Durchmesser des Gehäusezylinders vorzugsweise 3 mm bis 20 mm, insbesondere 5 mm bis 15 mm, bevorzugt 7 mm bis 12 mm. Das Verhältnis der Gesamtfläche der Öffnungen zur Zylindermantelfläche liegt vorzugsweise nicht über 0,7. Somit ist gewährleistet, dass
- 25 ausreichend Flüssigkeit durch das Gehäuse in das Innere strömen kann. Andererseits liegt das Verhältnis der Gesamtfläche der Öffnungen zur Zylindermantelfläche vorzugsweise nicht unter 0,2, so dass eine ausreichende mechanische Stabilität des
- 30 Gehäuses gewährleistet ist. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn durch eine Temperaturerhöhung während des Trennprozesses die üblicherweise zur Herstellung des Modulgehäuses verwendeten Kunst-

stoffe weich werden. Die Wanddicke des Gehäusezylinders richtet sich nach der erforderlichen mechanischen Festigkeit und kann, je nach Material, zwischen 0,7 und 10 mm, vorzugsweise zwischen 1 und 4 mm liegen.

Für das erste oder zweite Modulgehäuse können beliebige Materialien verwendet werden, sofern diese Materialien dem Modul ausreichende Stabilität verleihen können. Bezüglich der physikalischen Eigenschaften kann es sich dabei sowohl um flexible als auch um starre Materialien wie zum Beispiel Edelstahl handeln. In besonders bevorzugter Weise ist das zur Herstellung des Modulgehäuses verwendete Material gegen eine Sterilisation mit Heißdampf beständig. Erfindungsgemäß ist die Verwendung von Kunststoffen, insbesondere von Polypropylen, besonders bevorzugt, weil es einerseits als Thermoplast gut zu verarbeiten ist, andererseits auch noch bei 121°C, der üblicherweise bei der Heißdampfsterilisation angewandten Temperatur, noch ausreichende mechanische Stabilität aufweist. Erfindungsgemäß kann der Mantel des Modulgehäuses einstückig hergestellt werden. Er kann jedoch auch aus mehreren Einzelteilen bestehen, die beispielsweise über Scharniere oder andere Verbindungselemente miteinander verbunden sind. Besteht das Modulgehäuse aus mehreren Einzelteilen, können diese aus dem gleichen Material oder aus unterschiedlichen Materialien bestehen. In einer bevorzugten Ausführungsform bestehen die Einzelteile aus dem gleichen Material und weisen auch die gleichen Abmessungen auf.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Hohlfasermembran-Modul zusätzlich einen ersten Gehäuse-Anschluß aufweist, der der Zuleitung einer Lösung oder eines Mediums zu dem Faserinnenraum des Hohlfasermembran-Bündel dient und vorzugsweise an einem Ende des Gehäusezylinders angebracht ist. Das Hohlfasermembran-Modul ist darüber hinaus in einer vorteilhaften Ausgestaltung mit einem zweiten Gehäuse-Anschluss ausgestattet, der der Ableitung der Lösung oder des Mediums oder einer filtrierte Lösung aus dem Faserinnenraum, die nun durch den im Modul stattfindenden Trennprozess in ihrer stofflichen Zusammensetzung verändert ist, dient und vorzugsweise am anderen Ende des Gehäusezylinders angebracht ist. Bei dieser Ausführungsform wird der konvektive Stofftransport außerhalb der Fasern von der Strömung der Umgebung, in welche das Modul eingetaucht ist, erbracht. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass diese erfindungsgemäße Ausführungsform des mit den zwei Gehäuseanschlüssen versehenen Hohlfasermembran-Moduls insbesondere in einem Rührkessel-Reaktor verwendet wird.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass in einem, vorzugsweise zylinderförmigen, Gehäuse eine Mehrzahl beabstandeter Hohlfaserbündel in geringer Packungsdichte angeordnet ist, wobei die Hohlfaserbündel durch an der Innenfläche des Zylindermantels befestigte Segmentierelemente räumlich voneinander getrennt sind. Die erfindungsgemäßen Segmentierelemente ragen also in den Innenraum des Gehäusezylinders hinein und führen zu einer Kompartimentierung

des Gehäuseinnenraums, wobei die Hohlfaserbündel in den dadurch erzeugten Kompartimenten angeordnet sind. Durch den Einbau der Segmentierelemente wird dem Hohlfasermembran-Modul zusätzliche Stabilität  
5 verliehen.

Die erfindungsgemäßen Segmentierelemente bilden ein vorzugsweise rechteckiges Rahmenteil, das die äußeren Abmessungen der Segmentierelemente festlegt. Das Rahmenteil umschließt eine freie Durchtrittsfläche. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung  
10 betrifft der Begriff „Durchtrittsfläche des Rahmenteils“, die von dem Rahmenteil umschlossene materialfreie Fläche(n), die einen ungehinderten Durchtritt von Flüssigkeiten zwischen zwei durch  
15 das Segmentierelement voneinander getrennten benachbarten Kompartimenten in beiden Richtungen erlaubt. Die Durchtrittsfläche kann gegebenenfalls durch innerhalb des Rahmenteils angeordnete Stabilisierungselemente, wie Querstreben oder Gitterstrukturen, unterbrochen sein, die zur Stabilisierung  
20 des Rahmenteils und damit des Segmentierungselementes dienen. In Abhängigkeit vom vorgesehenen Einsatzgebiet des Hohlfasermoduls können diese Stabilisierungselemente, bezogen auf die Abmessungen  
25 des Rahmenteils beziehungsweise der Durchtrittsfläche, unterschiedlich breit sein, wobei die Stabilisierungselemente in bevorzugter Weise relativ schmal sind. Ebenso kann der Abstand zwischen den  
30 Stabilisierungselementen unterschiedlich sein, wobei bei erfindungsgemäß relativ große Abstände bevorzugt sind.



Erfindungsgemäß ist vorgesehen, die vom Rahmenteil umfaßte Durchtrittsfläche, bezogen auf die Gesamtfläche der Stabilisierungselemente, das heißt der Querstreben oder der Gitterstruktur, unter 20%,  
5 vorzugsweise unter 10%, besonders bevorzugt bei 2% liegt.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Segmentierabschnitte aus einem beliebigen Material bestehen, sofern dieses ausreichende Stabilitätseigenschaften aufweist, so dass über längere Zeiträume hinweg die Abstände zwischen den einzelnen Hohlfasermembranbündeln gewährleistet werden können und dem Hohlfasermembran-Modul zusätzliche Stabilität verliehen wird. Vorzugsweise werden zur Herstellung  
10 der Segmentierelemente Materialien verwendet, die gegen eine Sterilisation mit Heißdampf beständig sind. Die Segmentierelemente können aus den gleichen Werkstoffen hergestellt werden wie das zur Bildung des Zylinders verwendete Material, können  
15 jedoch auch aus anderen Werkstoffen bestehen.  
20

Die innerhalb eines Moduls verwendeten einzelnen Segmentierelemente können bezüglich ihrer Abmessungen gleich oder unterschiedlich sein. In einer bevorzugten Ausführungsform besitzen alle Segmentierelemente eine Länge, die gleich der Länge des Gehäusezylinders ist, und eine Höhe, die zum Beispiel gleich dem Radius des Querschnitts des Gehäusezylinders oder kleiner als dieser ist. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die Segmentierelemente kürzer als das Gehäuse und sind mit  
25 entsprechenden axialen Zwischenräumen über die Länge des Gehäuses verteilt, wobei innerhalb dieser  
30

axialen Zwischenräume über den vollen Azimutwinkel innerhalb des Gehäuses kein weiteres Segmentierelement angeordnet ist. In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die Segmentierelemente  
5 so lang wie die an den Enden des Gehäuses vorgesehenen Pottungen und sind an den Gehäuse-Enden angeordnet, so dass diese Pottungen segmentiert werden. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Höhe der Segmentierelemente kleiner als der Radius des  
10 Querschnitts und die Segmentierabschnitte weisen an der der Innenseite des Gehäusezylinders abgewandten Seite zusätzliche Elemente, insbesondere Abstandhalter, auf. Diese Abstandhalter sind beispielsweise einseitig oder zweiseitig an der Gehäusewandung  
15 abgewandten Längskante des Rahmentails und im rechten Winkel zum Rahmentail der Segmentierelemente angebrachte Leisten. Die Abstandhalter aller Segmentierelemente bilden um die Längsachse des Gehäusezylinders herum einen Innenzylinder und bewirken  
20 eine zusätzliche Fixierung der Segmentierelemente. Die Abstandhalter können in bevorzugter Ausführungsform Öffnungen aufweisen.

Die spezifische Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Segmentierelemente, ebenso wie ihre spezifische An-  
25 ordnung innerhalb des erfindungsgemäßen Moduls, bewirkt, dass das Gesamtvolumen der Freiräume zwischen den Hohlfasern nochmals erheblich vergrößert wird und somit deutlich größer ist als bei den im Stand der Technik beschriebenen Modulen. Das heißt,  
30 in solchen erfindungsgemäßen Modulen wird durch den Einbau der erfindungsgemäßen Segmentierelemente die Packungsdichte nochmals erheblich verringert. In den Segmentierelemente enthaltenden erfindungsgemä-

Ben Hohlfasermembran-Modulen liegt die Packungsdichte der Hohlfasermembranen, bezogen auf alle Hohlfasern eines Bündels eines erfindungsgemäßen Hohlfasermembran-Moduls, bei höchstens 20%, vorzugsweise höchstens 10%, während die Packungsdichte, bezogen auf die Gesamtzahl aller Hohlfasern aller Bündel, unter 10%, bevorzugter unter 5% liegt.

Durch den Einbau der erfindungsgemäßen Segmentierelemente in die Hohlfasermodule, insbesondere durch die vom Rahmenteil umfaßte relativ große Durchtrittsfläche, wird im Unterschied zu herkömmlich verwendetem Spacermaterial dafür gesorgt, dass zwischen den einzelnen Kompartimenten des Moduls und damit zwischen den einzelnen Hohlfaserbündeln ein nahezu ungehinderter Flüssigkeitsaustausch gewährleistet ist. Da der Widerstand des Moduls auf Grund dieser Durchtrittsfläche gegenüber der Strömung der Lösung oder des Mediums erheblich herabgesetzt ist, kann die Strömung das Modul besser durchströmen und somit die Bildung von Ablagerungen auf den Oberflächen der einzelnen Hohlfasern wirksamer verhindern. Da gleichzeitig der Druckverlust der Strömung minimiert wird, ist darüberhinaus kein zusätzlicher Energieaufwand für die Durchströmung des Moduls erforderlich, wie dies bei den im Stand der Technik bekannten Modulen, bei denen herkömmliche Spacer eingesetzt werden, erforderlich ist.

In einer weiteren besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Segmentierelemente an der Außenfläche eines ersten Gehäuseseylinders befestigt sind, dessen Mantel vorzugsweise Öffnungen aufweist. Die Hohlfasermembran-

Bündel sind dabei in den durch die beabstandeten Segmentierelemente definierten Zwischenräumen oder Kompartimenten auf der Außenseite des Mantels des ersten Gehäusezylinders angeordnet, wobei sie vorzugsweise zusätzlich fixiert sind, beispielsweise durch Halteringe. Das gesamte Modul befindet sich in bevorzugter Ausgestaltung innerhalb eines zweiten zylinderförmigen Gehäuses, das vorzugsweise als Käfig ausgeführt ist, die äußere Begrenzung des Packungsraums bildet und hauptsächlich der Stabilisierung des Hohlfasermembran-Moduls dient.

Selbstverständlich können erfindungsgemäße Membranmodule auch Segmentierelemente innerhalb und außerhalb des ersten, also inneren, Gehäuses aufweisen.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass alle Komponenten des erfindungsgemäßen Hohlfasermembran-Moduls, das heißt Gehäuse, Hohlfasern und Segmentierelemente, aus solchen Werkstoffen bestehen, die gegen eine Sterilisation mit Heißdampf beständig sind.

Je nachdem, welche Membran in das Modul eingesetzt wird, das heißt, ob es sich um eine Mikrofiltrations-, Ultrafiltrations-, Nanofiltrations- oder Dialysemembran handelt, ist das erfindungsgemäße Hohlfasermembran-Modul insbesondere zur Verwendung bei der Filtration oder Dialyse von Medien geeignet, die einen starken Fouling-Effekt bewirken. Beispielsweise kann das erfindungsgemäße Hohlfasermembran-Modul als sogenanntes Reaktordialysemembranmodul in Fermentern für die Entfernung von

Stoffwechselprodukten der fermentierten Zellen und/oder für die Zuführung von Nährstoffen verwendet werden. Eine weitere Verwendung kann in Bio-Reaktoren erfolgen, im "feed and bleed"-Betrieb, um  
5 Flüssigkeit mit Produkten aus dem Reaktor zu entfernen.

Die Erfindung betrifft auch Verfahren zur Herstellung von den vorgenannten Hohlfasermembran-Modulen, insbesondere solcher Module, die aufgrund der Verwendung von Segmentierelementen mehrere Hohlfasermembran-Bündel aufweisen. In einer bevorzugten Ausführungsform wird dabei ein in der räumlichen Projektion flaches, ebenes Material oder Formstück, das den späteren Mantel des ersten beziehungsweise  
10 einzigen, vorzugsweise zylinderförmigen Gehäuses bilden soll, mit Segmentierelementen versehen. Die Segmentierelemente können zum Beispiel am ebenen Mantelmaterial mit Hilfe speziell dafür vorgesehener Elemente, beispielsweise Noppen, aufgesteckt  
15 oder angeklipst werden. Anschließend wird das Mantelmaterial zu einem kreisförmig oder anders geformten, zum Beispiel im Querschnitt rechteckigen Zylinder zusammen- oder aufgerollt. Dabei kann das Mantelmaterial so aufgerollt werden, das sich die Segmentierelemente an der Innenfläche des Zylinders  
20 befinden. Das Mantelmaterial kann jedoch auch so aufgerollt werden, dass sich die Segmentierelemente auf der Außenfläche des Zylinders befinden. In einer Ausführungsform können die Hohlfasern vor dem  
25 Aufrollen des Gehäusezylinder in die durch die befestigten Segmentierelemente vorgegebenen Zwischenräume oder Kompartimente in gewünschter Anordnung und entsprechend der vorgesehenen Packungsdichte  
30

eingefüllt werden, wobei die Hohlfasern gegebenenfalls vor dem Aufrollen fixiert werden können. In diesem Fall wird der Gehäusezylinder nach dem Aufrollen anschließend in üblicher Weise an den Zylinderenden verschlossen und abgedichtet. In einer anderen Ausführungsform können die Hohlfasern jedoch auch nach dem Aufrollen des Gehäusezylinders in die durch die Segmentierabschnitte definierten Kompartimente eingefüllt werden. Das Modul kann vorzugsweise in einen zweiten Gehäusezylinder eingeführt werden, der in bevorzugter Form als Käfig ausgeführt ist.

Die Erfindung betrifft also einfach und kostengünstig durchzuführende Verfahren zur Herstellung von Hohlfasermembran-Modulen. Das Verfahren ist unter anderem dadurch gekennzeichnet, dass ein mit Öffnungen versehenes, ebenes Formstück, das den späteren Mantel des zylinderförmigen Gehäuses bilden soll, durch Aufrollen in eine Zylinderform gebracht wird und Hohlfasermembranen in und/oder um das Gehäuse angeordnet werden. Je nachdem, welche Eigenschaften in der räumlichen Projektion das aufzurollende Material aufweist, beispielsweise ob es flexibel oder relativ starr ist, ob es einstückig ausgebildet ist und zum Beispiel Einkerbungen, an denen das Material biegsam ist, enthält oder nicht, oder ob es aus mehreren, vorzugsweise bezüglich der Abmessungen identischen Teilen besteht, die zum Beispiel über Scharniere oder ähnliche Elemente miteinander verbunden sind, kann der Querschnitt des dadurch erhaltenen Zylinders kreisförmig oder vieleckig sein. Das Gehäusematerial kann als flexible Matte, flexibles Gitter, Matte mit scharnier-

ähnlichem Teil etc. ausgeführt sein. In den so erhaltenen Gehäusezylinder können auch danach die vorgesehenen Hohlfasern in gewünschter Anordnung und in gewünschter Packungsdichte eingebracht werden.

5  
In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass auf dem zur Bildung des Gehäusezylinders verwendeten ebenen Formstück weitere Teile, insbesondere Segmentierelemente, angebracht sind oder werden, die geeignet sind, in dem späteren Gehäusezylinder einzelne Hohlfaserbündel räumlich voneinander zu trennen und/oder dem Gehäusezylinder zusätzliche Stabilität zu verleihen. Diese Segmentierelemente können beispielsweise in einem Arbeitsgang mit dem zur Bildung des Gehäusezylinders verwendeten Material zusammen hergestellt worden sein, beispielsweise in einem Spritz- oder Gußverfahren. Das heißt, das zur Zylinderform aufzurollende, mit Segmentierelementen versehene Material kann einstückig ausgebildet sein. Die Segmentierelemente können aber auch separat hergestellt worden sein und nachträglich am oder im Gehäusemantel an dafür vorgesehenen Elementen, beispielsweise Noppen, aufgesteckt oder angeklipst oder in ähnlicher Weise befestigt werden.

20  
Anschließend wird das Mantelmaterial zu einem Zylinder aufgerollt. Dabei kann das Mantelmaterial so aufgerollt werden, dass sich die Segmentierelemente an der Innenfläche des Zylinders befinden, so dass ein erfindungsgemäßes Hohlfasermembran-Modul erhalten wird, dessen Gehäuse-Innenraum durch die Segmentierelemente in Kompartimente unterteilt ist.

Das Mantelmaterial kann jedoch auch so aufgerollt werden, dass sich die Segmentierelemente auf der Außenfläche des Zylinders befinden. In diesem Fall besteht jedoch insbesondere auch die Möglichkeit, 5 zunächst das Zylindermaterial zusammenzurollen und dann die Segmentierelemente außen auf den so gebildeten Zylinder aufzuklipsen oder in geeigneter Weise zu befestigen.

10 In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens können die Hohlfasern vor dem Aufrollen des Gehäusezylinders in die durch die befestigten Segmentierelemente vorgegebenen Zwischenräume oder Kompartimente in gewünschter Anordnung und entsprechend der vorgesehenen Packungsdichte eingefüllt 15 werden. Vorzugsweise werden die Hohlfasern vor dem Aufrollen des Gehäusezylinders an den Segmentierelementen fixiert, wobei insbesondere dünne Netze, Kabelbinder oder ähnliche Elemente verwendet werden. In diesem Fall wird der Gehäusezylinder nach 20 dem Aufrollen anschließend in üblicher Weise an den Zylinderenden verschlossen und abgedichtet, indem die Faserenden auf übliche Weise vergossen werden. In einer anderen Ausführungsform können die Hohlfasern jedoch auch nach dem Aufrollen des Gehäusezylindres in die durch die Segmentierabschnitte definierten Kompartimente eingefüllt und in geeigneter 25 Weise innerhalb der Kompartimente fixiert werden. Nach Befüllen des so erhaltenen Moduls mit den Hohlfaserbündeln wird der Gehäusezylinder anschließend in üblicher Weise an den Zylinderenden verschlossen und abgedichtet, indem die Faserenden auf 30 übliche Weise vergossen werden. Danach wird das mit den Hohlfasermembranbündeln bestückte Modul in ei-



nen zweiten Gehäusezylinder eingeführt, der vorzugsweise als Käfigs ausgeführt ist, und wird damit stabilisiert.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung  
5 ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird durch die folgenden Figuren und Beispiele näher erläutert.

Die Figuren zeigen:

10      Figur 1      in schematischer Art und Weise einen Zwischenschritt bei der Herstellung des erfindungsgemäßen Hohlfasermembran-Moduls,

15      Figur 2      eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Hohlfasermembran-Moduls in perspektivischer Ansicht und im Querschnitt sowie eine andere Ausführungsform im Querschnitt,

20      Figur 3      eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hohlfasermembran-Moduls in perspektivischer Ansicht mit verschiedenen Ausführungsbeispielen von Segmentierelementen,

25      Figur 4      die Ausführungsform des erfindungsgemäßen Hohlfasermembran-Moduls aus der Figur 3, gefüllt mit Hohlfaserbündeln in perspektivischer Ansicht,

Figur 5      ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Hohlfasermembran-Moduls,

welches aus Edelstahldraht ausgeführt wurde, in seiner Abwicklung und im Querschnitt, und

- 5      Figur 6      ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Hohlfasermembran-Moduls, aufbauend auf dem Ausführungsbeispiel in Figur 2 mit Segmentierelementen, die kürzer sind als die Modullänge, in perspektivischer Ansicht.
- 10      Gleiche Bezugsziffern verweisen auf bau- oder/und funktionsgleiche Vorrichtungen oder Elemente davon.
- 15      Figur 1 a) zeigt in schematischer Form den Gehäusemantel oder die Wandung 1 eines erfindungsgemäßen Hohlfasermembran-Moduls 100, die durch Aufrollen in die beispielsweise in Figur 2 a) dargestellte im Querschnitt sechseckige Form eines Gehäuses 3 gebracht werden kann. An der Wandung 1 sind gleichmäßig beabstandete rechteckige Segmentierelemente 5 mit der Länge  $L_s$  und der Höhe  $H_s$  angebracht. Die Länge  $L_s$  der Segmentierelemente entspricht der Länge  $L_m$  des Gehäuses 3. Die Höhe  $H_s$  entspricht in etwa 90 bis 95% der halben Höhe des Gehäuses 3. In dem Gehäusemantel 1 sind gleichmäßig beabstandet und alternierend zu den Segmentierelementen 5
- 20      Schwächungslinien 39 ausgebildet, die das Umfalten des Gehäusemantels 1 in die endgültige Form des Gehäuses 3 erleichtern und die in der endgültigen Form die Kanten des im Querschnitt sechseckigen Gehäuses 3 der Figur 2 bilden.
- 25

In Figur 1 b), c) und d) sind verschiedene Ausführungsformen von Segmentierelementen 5 gezeigt. Die Segmentierelemente 5 umfassen jeweils ein rechteckiges Rahmenteil 7, das die Durchtrittsfläche 9 umschließt. Die Durchtrittsfläche 9 wird durch die als Stege oder Gitter ausgeführten Stabilisierungselemente 11 in kleinere Einzelflächen unterteilt. Die Segmentierelemente 5 weisen darüber hinaus an einer Längsseite jeweils endständig zwei fortsatzartige Befestigungselemente 13 auf, die der Befestigung der Segmentierelemente 5 an der Wandung 1 dienen. Die Befestigungselemente 13 weisen zwei Schenkel 35 und 37 auf, die einen rechten Winkel einschließen. Der Schenkel 35 sitzt an der Längsseite des Segmentierelementes 5 an, während der zweite Schenkel 37 vom Segmentierelement 5 wegweist.

Figur 1 a) zeigt darüber hinaus in schematischer Form die Anordnung von Hohlfasern 33 zwischen zwei benachbarten Segmentierelementen 5 und Hohlfaserbündel 17 in Kompartimenten 21.

Figur 2 a) zeigt in perspektivischer Darstellung die im Querschnitt gesehen sechseckige Form des Gehäuses 3. Ausgehend von der Darstellung der Wandung 1 in Figur 1 a) erfolgt das Aufrollen der Wandung 1 zur Herstellung des Moduls 100 so, dass die Segmentierelemente 5 in den Innenraum 18 des Zylinders 3 hineinragen und diesen in die Kompartimente 21 unterteilen. Die Höhe  $H_s$  der Segmentierelemente 5 entspricht in etwa der halben Höhe des Gehäuses 3 des erfindungsgemäßen Moduls, so dass bei der dargestellten im Querschnitt gesehenen sechseckigen

Form mit jeweils zwei parallel zueinander angeordneten gegenüberliegenden gleichlangen Seiten 70 die mittig senkrecht auf den Seiten 70 angeordneten Segmentierelemente 5 einander im Zentrum des Gehäuses 3 nahezu berühren. Der Innenraum oder Packungsraum 18 des Gehäuses 3, also das Innenvolumen des Gehäuses 3 wird daher nahezu vollständig kompartimentiert. Dargestellt sind auch die Befestigungsmittel 13 zur Befestigung der Segmentierelemente 5 am Mantel des Gehäuses 3. Der Querschnitt des erfindungsgemäßen Moduls nach Figur 2 a) ist in Figur 2 c) dargestellt. Zu erkennen ist deutlich, dass die Kanten 41 der von der Gehäuseinnenfläche 22 abgewandten Längsseiten der Segmentierelemente 5 im Zentrum des Packungsraumes 18 nahezu aneinander stoßen und demgemäß voneinander oder nahezu voneinander abgeschlossene Kompartimente 21 bilden. Die Abmessungen der Segmentierungselemente können dabei so bemessen werden, dass sich alle Kanten in der Mitte berühren oder nahezu berühren, wodurch sie dann, wenn nötig, durch geeignete Elemente leicht aneinander fixiert werden können, um die Stabilität des gesamten Moduls zu erhöhen. Die Querschnitte 2b) und 2c) zeigen weitere unterschiedliche Ausführungsformen des Moduls 100. Die beiden Ausführungsformen unterscheiden sich dadurch, dass in Querschnitt 2b) Segmentierelemente 5 verwendet werden, die an der Innenfläche 22 des Gehäuses 3 abgewandten Kante 41 der von der Innenfläche 22 abgewandten Längsseite der Segmentierelemente 5 angeordnete Abstandshalter 29 aufweisen. Die Abstandshalter 29 können als Materialverstärkung der Längsseitenkante 41 des Segmentierelementes 5 ausgeführt sein. Es kann auch vorgesehen sein, dass die zum Zentrum des

Packungsraums 18 gewandte Längsseitenkante 41 des Segmentierelementes 5 beidseitig jeweils im rechten Winkel eine Umbiegung, Verstärkung, einen Fortsatz oder ähnliches aufweist. Die Abstandshalter 29 der  
5 Segmentierelemente 5 umschließen dabei über die Gesamtlänge des Gehäuses 3 einen zweiten Innenraum 31. Im Querschnitt gesehen weisen die Abstandshalter 29 als Verlängerung des Segmentierelementes 5 ein T-förmiges Profil auf, wobei die Schenkel 50,  
10 51 des T im rechten Winkel vom Segmentierelement 5 abstehen, an die Schenkel eines benachbarten Abstandshalters 29 stoßen und so einen im Querschnitt gesehen sechseckigen Innenraum 31 bilden. Die Abstandshalter 29 können hier nicht dargestellte Öffnungen aufweisen. In einigen Kompartimenten 21 sind  
15 lose aneinander liegende Hohlfasern 33 dargestellt. Dargestellt ist auch der Freiraum 43 des Packungsraums 18.

Die Figur 3 a) zeigt in perspektivischer Darstellung eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hohlfasermembran-Moduls 100. Dargestellt ist ein zylindrisches Gehäuse 3, dessen Mantel 1 von zahlreichen Perforationen beziehungsweise Öffnungen 25 durchbrochen ist. Die Segmentierelemente  
20 5 sind auf der nach außen gewandten Fläche des Gehäuses 3 angeordnet, zum Beispiel aufgesteckt. Dargestellt sind auch die als Querstege ausgeführten Stabilisierungselemente 11 in den Segmentierelementen 5. Schließlich zeigt die Figur 3 a) Halteringe  
25 27, die konzentrisch um das Gehäuse 3 und um die radial nach außen weisenden Segmentierelemente 5 sowie diese kontaktierend angeordnet sind und zur Fixierung von hier nicht dargestellten in die Kom-  
30

partimente 21 einzubringenden Hohlfasermembranen dienen. Dargestellt ist ferner der Packungsraum 18, der nach innen hin durch die Außenfläche des Gehäuses 3 und nach außen hin durch eine gedachte die Segmentierelemente 5 umfassende und an deren Außenkanten 60 kontaktierende sowie den Verlauf der Halteringe 27 folgende Mantelfläche 47 gebildet wird. Diese gedachte Mantelfläche 47 ist konzentrisch im Abstand der Höhe  $H_s$  um das innere Gehäuse 3 angeordnet.

Die Figuren 3 b), 3 c) und 3 d) zeigen verschiedene Ausführungsformen erfindungsgemäß eingesetzter Segmentierelemente 5, wobei sich die Figuren 3 b) und 3 c) durch die Anzahl der Querstege 11 und die Anzahl der dadurch gebildeten einzelnen Durchtrittsflächen 45 unterscheiden. In der Figur 3 d) sind als Matrix oder Gitter ausgeführte Stabilisierungselemente 11 dargestellt.

Die Figur 4 zeigt in perspektivischer Ansicht ein ähnliches Hohlfasermembran-Modul wie in Figur 3 a). Dargestellt ist hier, dass in den einzelnen Kompartimenten 21 Hohlfasermembran-Bündel 17 angeordnet sind, deren Länge gleich der Länge des Moduls 100 ist. Auch hier definiert sich der Packungsraum 18 als das Volumen, das zwischen der Außenfläche des Gehäuses 3 und der Innenfläche der gedachten die Segmentierelemente 5 umfassenden und an deren Außenkanten 60 kontaktierenden Mantelfläche 47 gebildet wird, deren Verlauf durch den Verlauf der Halteringe 27 vorgegeben ist. Die umhüllende Mantelfläche 47 ist die Fläche, die sich ergibt, wenn die nach außen weisenden Längskanten 60 der Segmentier-

elemente 5 um den Umfang des Moduls 100 herum miteinander verbunden werden, so dass die umhüllende Mantelfläche 47 konzentrisch um das innere Gehäuse 3 angeordnet ist.

- 5    Figur 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Moduls, welches aus Edelstahl-  
draht ausgeführt wurde. Bei dieser Ausführungsform bilden je ein Segmentierelement und ein Teil der  
Mantelfläche eine fest miteinander verbundene Ein-  
10    heit, die mit Ösen aneinander gebunden und somit gegeneinander beweglich ist, so dass sie entsprechend der schematischen Abbildung 1 hintereinander liegend in eine Ebene abgewickelt werden können. Die Fläche des Segmentierelements ist gegen die  
15    Mantelfläche um einen Winkel von circa 45 Grad geneigt. Figur 5.a zeigt eine Abwicklung des Modulgehäuses, Figur 5.b zeigt den Querschnitt des zusammengefalteten Moduls, ohne die in die Kompartimente einzulegenden Hohlfasern.
- 20    Figur 6 zeigt eine Variante des in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiels. Bei dieser Variante sind die Segmentierelemente nur so lang wie die Pottung und sie sind jeweils in der Mitte und an beiden Enden des Moduls angeordnet.

## Gleiss & Große

Patentanwälte Rechtsanwälte  
München Stuttgart

### Ansprüche

1. Hohlfasermembran-Modul für Filtrations-, Diafiltrations- und Dialyse-Verfahren, umfassend mindestens ein Gehäuse und eine Mehrzahl von tubulären Hohlfasermembranen mit gleichem oder unterschiedlichem Durchmesser, welche in dem und/oder um das Gehäuse in einen Packungsraum parallel zueinander angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Volumenverhältnis von allen in dem Packungsraum (18) angeordneten Hohlfasermembranen (33) zum Packungsraum (18) weniger als 20 % beträgt.
2. Hohlfasermembran-Modul nach Anspruch 1, wobei das Gehäuse (3) eine Zylinderform aufweist.
3. Hohlfasermembran-Modul nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Mantel des Gehäuses (3) mit Öffnungen (25) versehen ist.
4. Hohlfasermembran-Modul nach Anspruch 3, wobei die Öffnungen (25) in ebener Projektion Quadrate, Rechtecke, Kreise oder andere symmetrische oder asymmetrische Formen sein können.
5. Hohlfasermembran-Modul nach Anspruch 4, wobei die Öffnungen (25) Abmessungen von 3 bis 20 mm aufweisen.



6. Hohlfasermembran-Modul nach Anspruch 3, wobei das Verhältnis der Gesamtfläche der Öffnungen (25) zur Gesamtfläche des Gehäusemantels etwa 0,2 bis etwa 0,9 beträgt.

7. Hohlfasermembran-Modul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Hohlfasermembranen (33) aus einem keramischen und/oder polymeren Material bestehen oder dieses in wesentlichen Anteilen enthalten.

8. Hohlfasermembran-Modul nach Anspruch 7, wobei die Hohlfasermembranen (33) einschließlich der Stützstruktur eine Dicke von etwa 5  $\mu\text{m}$  bis etwa 300  $\mu\text{m}$  aufweisen.

9. Hohlfasermembran-Modul nach Anspruch 7 oder 8, wobei die Hohlfasermembranen (33) einen Innendurchmesser von maximal 2 mm, insbesondere 0,15 bis 0,8 mm aufweisen.

10. Hohlfasermembran-Modul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Hohlfasermembranen (33) im Modul in Form von mindestens einem Bündel (17) angeordnet sind.

11. Hohlfasermembran-Modul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Hohlfasern in Form von Matten mit einem weiten Faserabstand als Bündel aufgerollt werden, wobei vorzugsweise weniger als 10 Fasern pro cm vorliegen und wobei im Bereich der Pottungen durch das Einwickeln herkömmlichen Spacermaterials die Fasern auf einen der Packungsdichte angepassten Abstand gebracht werden.

12. Hohlfasermembran-Modul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens zwei Hohlfasermembranbündel durch mindestens ein am Mantel des Gehäuses (3) angebrachtes Segmentierelement (5) voneinander getrennt sind.

13. Hohlfasermembran-Modul nach Anspruch 12, wobei das mindestens eine Segmentierelement (5) aus einem Rahmenteil (7) mit einer durch das Rahmenteil (7) umfassten freien Durchtrittsfläche (9) besteht.

14. Hohlfasermembran-Modul nach Anspruch 13, wobei die freie Durchtrittsfläche (9) des Rahmenteils (7) durch Stabilisierungselemente (11) unterteilt wird.

15. Hohlfasermembran-Modul nach Anspruch 13 oder 14, wobei die Gesamtfläche der Stabilisierungselemente (11) bezogen auf die vom Rahmenteil (7) umfasste freie Durchtrittsfläche (9) etwa 2% bis etwa 20% beträgt.

16. Hohlfasermembran-Modul nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei das mindestens eine Segmentierelement (5) auf der Innenfläche des Gehäuses (3) angebracht ist und dessen Innenraum (18) in Kompartimente (21) unterteilt.

17. Hohlfasermembran-Modul nach einem der Ansprüche 12 bis 16, wobei das mindestens eine Segmentierelement (5) auf der Außenfläche des Gehäuses (3) angebracht ist und den über der Außenfläche des Mantels befindlichen Raum (18) in Kompartimente (21) unterteilt.

18. Hohlfasermembran-Modul nach Anspruch 17, wobei das Gehäuse (3) mit dem mindestens einen, auf der Außenfläche des Mantels angebrachten Segmentierelement (5) in einem zweiten käfigartigen Gehäuse untergebracht ist.

19. Hohlfasermembran-Modul nach einem der Ansprüche 12 bis 18, wobei die Länge der Segmentierelemente der Länge des Gehäuses entspricht.

20. Hohlfasermembran-Modul nach einem der Ansprüche 12 bis 18, wobei die Segmentierelemente kürzer als das Gehäuse sind und mit entsprechenden axialen Zwischenräumen über die Länge des Gehäuses verteilt sind, wobei innerhalb dieser axialen Zwischenräume über den vollen Azimutwinkel innerhalb des Gehäuses kein weiteres Segmentierelement angeordnet ist.

21. Hohlfasermembran-Modul nach einem der Ansprüche 12 bis 18, wobei die Segmentierelemente so lang sind wie die an den Enden vorgesehenen Pottungen und an den Enden des Gehäuses angeordnet sind, so dass die Pottungen segmentiert werden.

22. Hohlfasermembran-Modul nach einem der Ansprüche 11 bis 17, wobei in den durch das mindestens eine Segmentierelement (5) erzeugten Kompartimenten (21) Hohlfasermembranen (33) angeordnet sind.

23. Hohlfasermembran-Modul nach Anspruch 22, wobei die in den Kompartimenten (21) angeordneten Hohlfasermembranen (33) an dem mindestens einen Segmentierelement (5) fixiert sind.

24. Hohlfasermembran-Modul nach Anspruch 23, wobei die Packungsdichte aller Hohlfasermembranen (33) kleiner als 20% ist.

25. Hohlfasermembran-Modul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das einen Gehäuseanschluß für die Zuleitung einer Flüssigkeit in das Faserinnere der Hohlfasermembranen (33) und einen Gehäuseanschluß für die Ableitung einer Flüssigkeit aus dem Faserinnern aufweist.

26. Hohlfasermembran-Modul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei alle Bestandteile aus einem gegen Wasserdampf-Sterilisation bei 121°C beständigen Material hergestellt sind.

27. Verfahren zur Herstellung eines Hohlfasermembran-Moduls nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein, vorzugsweise mit Öffnungen versehenes, Formstück durch Zusammenrollen in eine Gehäuse-, insbesondere Zylinderform gebracht wird und die Hohlfasermembranen in einer Packungsdichte von weniger als 20% in dem und/oder um das Gehäuse angeordnet werden.

28. Verfahren nach Anspruch 27, wobei vor oder nach dem Zusammenrollen des Formstücks Segmentierelemente in Abständen auf dem Formstück angebracht werden, oder wobei die Segmentierelemente fester Bestandteil des zusammenrollbaren Formstücks sind.

29. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28, wobei das ebene Material so zusammengerollt wird, dass sich die Segmentierelemente nach dem Zusammenrollen des Formstücks auf dessen Innenfläche befinden.

30. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28, wobei das Formstück so zusammengerollt wird, dass sich die Segmentierelemente nach dem Zusammenrollen des Zylinders auf dessen Außenfläche befinden.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 30, wobei vor dem Zusammenrollen des Formstücks mindestens ein Hohlfasermembran-Bündel auf dem Formstück, gegebenenfalls in dem Kompartiment zwischen zwei benachbarten Segmentierelementen, angeordnet und gegebenenfalls fixiert wird.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 31, wobei nach dem Zusammenrollen des Zylinders mindestens ein Hohlfasermembran-Bündel in dem Gehäuse, gegebenenfalls in dem von zwei benachbarten Segmentierelementen begrenzten Kompartiment, angeordnet und gegebenenfalls fixiert wird.

33. Verfahren nach Anspruch 31 oder 32, wobei die Enden der Hohlfasermembranen vergossen werden und das Gehäuse an seinen Enden abgedichtet wird.

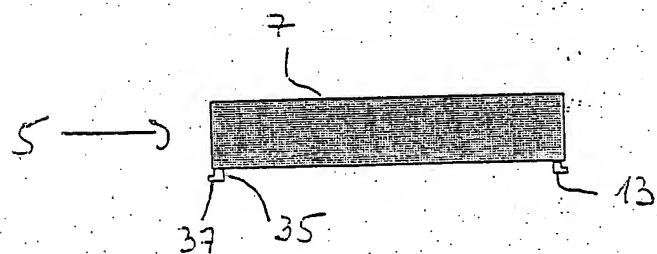
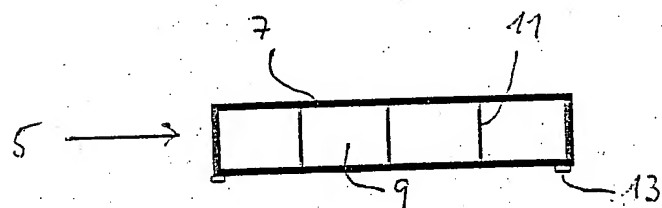
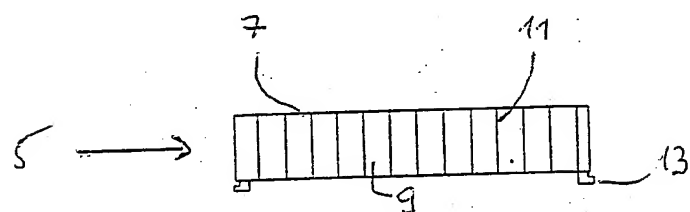
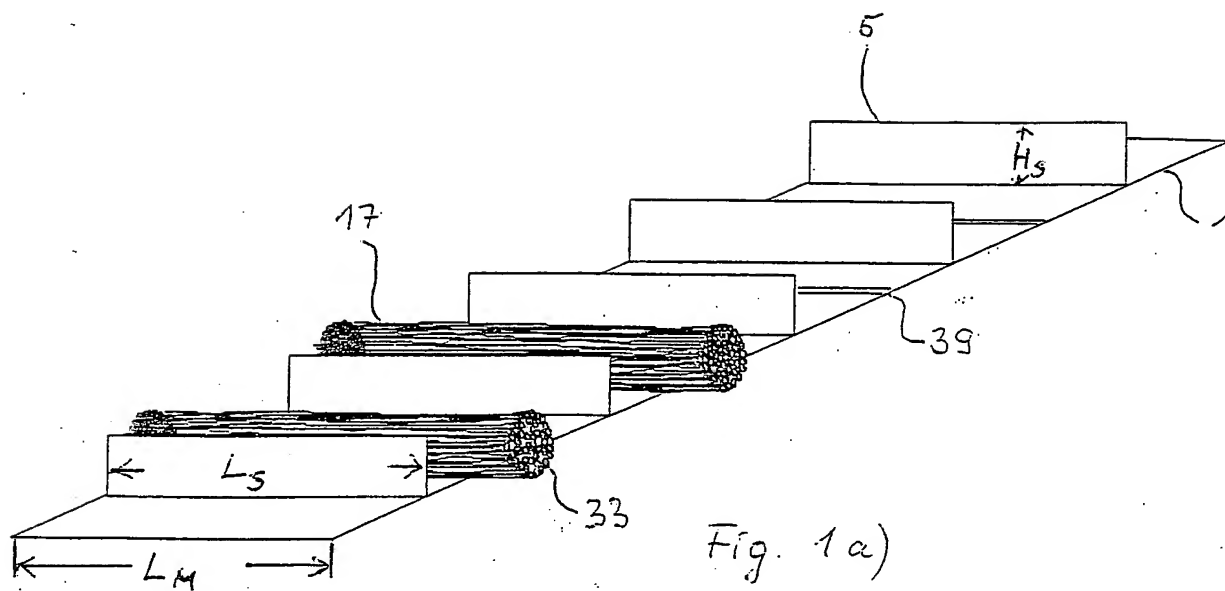
34. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 33, wobei das Gehäuse in ein zweites, insbesondere käfigartiges, Gehäuse eingeführt wird.

# Gleiss & Große

Patentanwälte Rechtsanwälte  
München Stuttgart

## Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft Hohlfasermembran-Module zur Verwendung als sogenannte „Tauchmodule“ in Filtrations- und/oder Dialyse-Verfahren, insbesondere dann, wenn auf Grund des Einsatzes verschmutzter oder zu Ablagerungen führender Flüssigkeiten Beeinträchtigungen durch „fouling“-Effekte erwartet werden, sowie Verfahren zur Herstellung solcher Hohlfasermembran-Module.



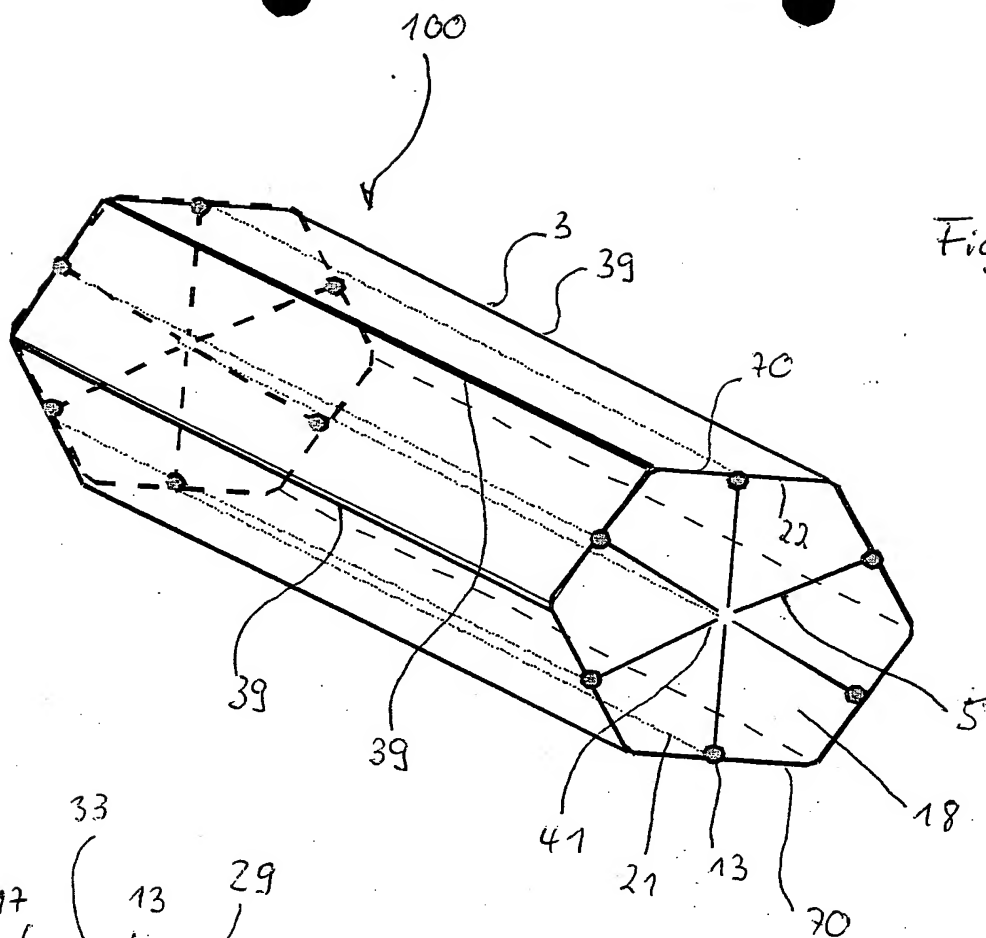


Fig. 2a)

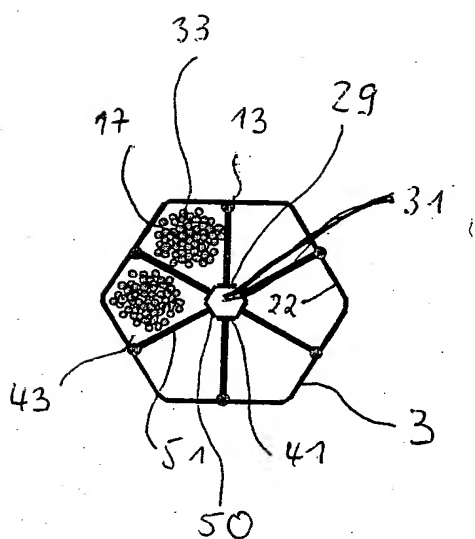


Fig. 2b)

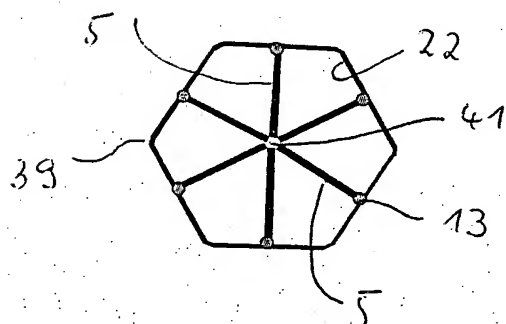


Fig. 2c)



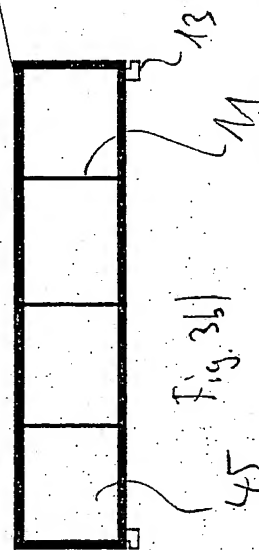
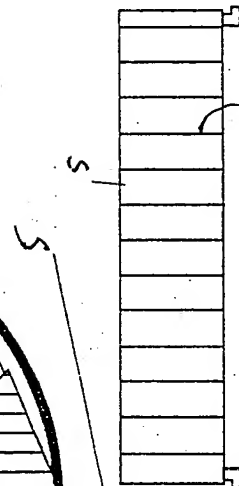
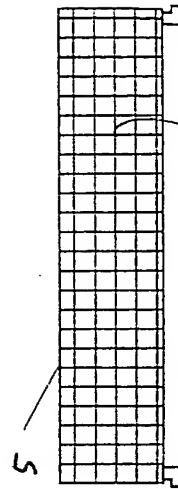
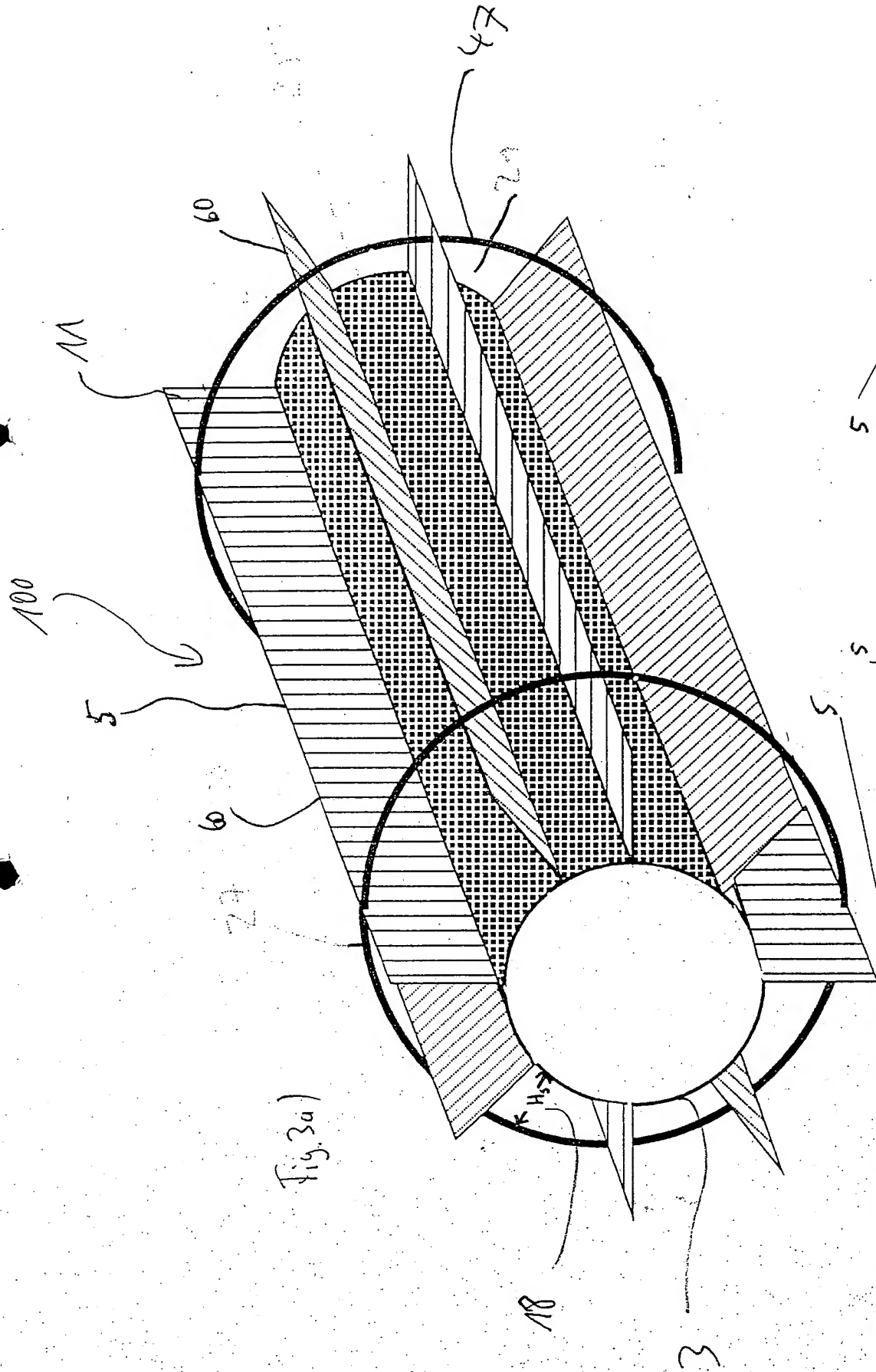
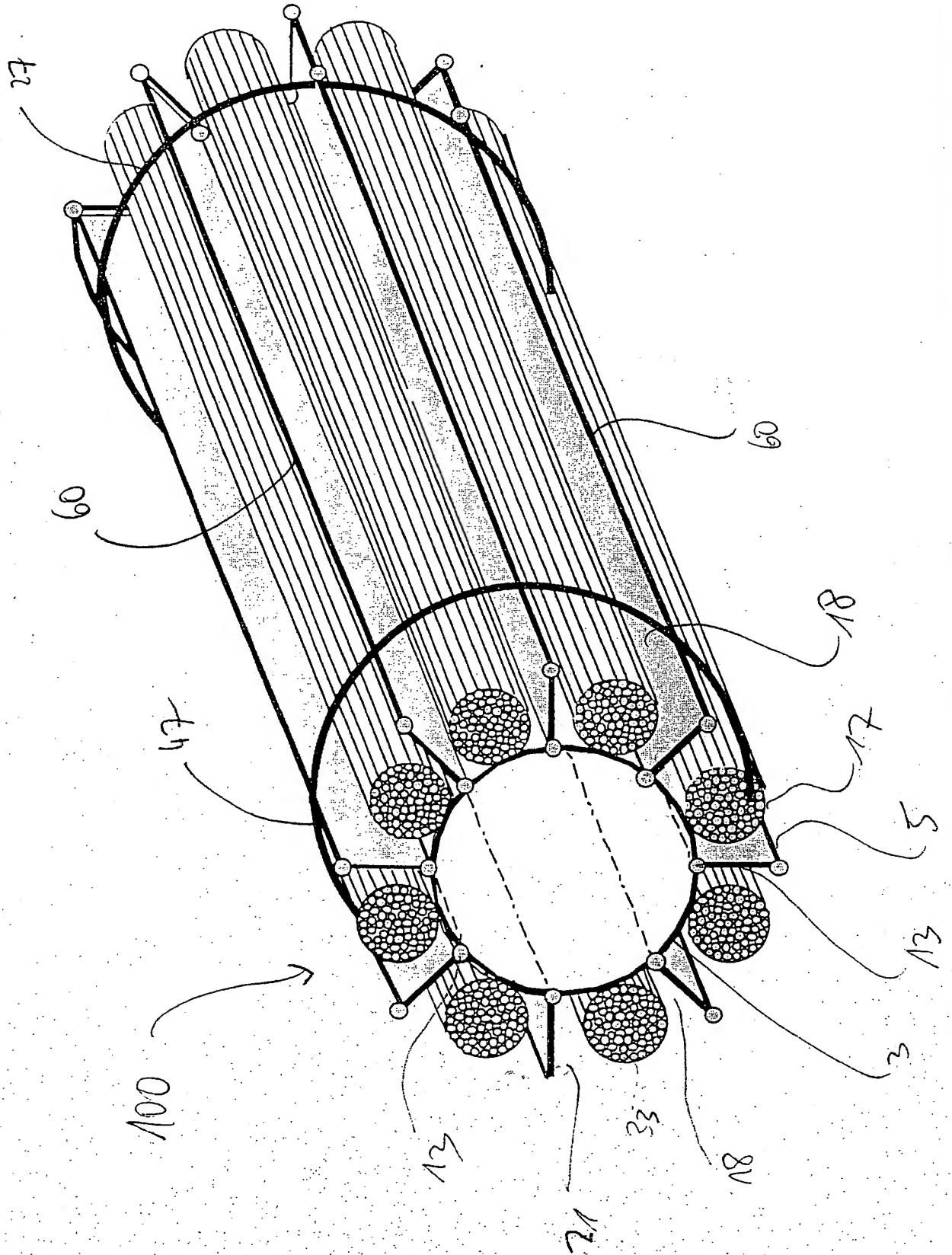


Fig. 4



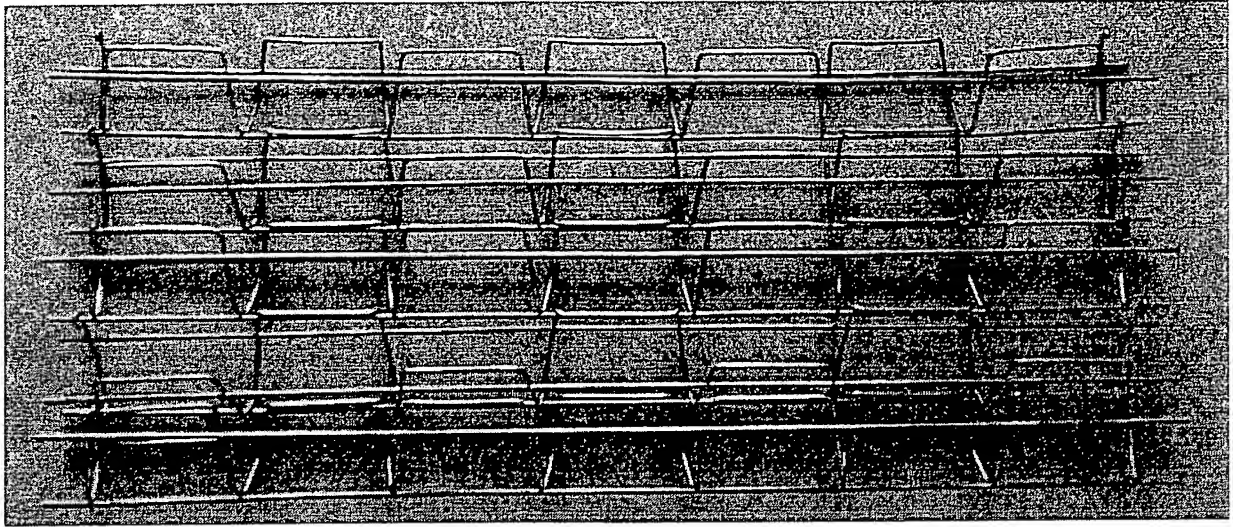


Fig. 5 a)

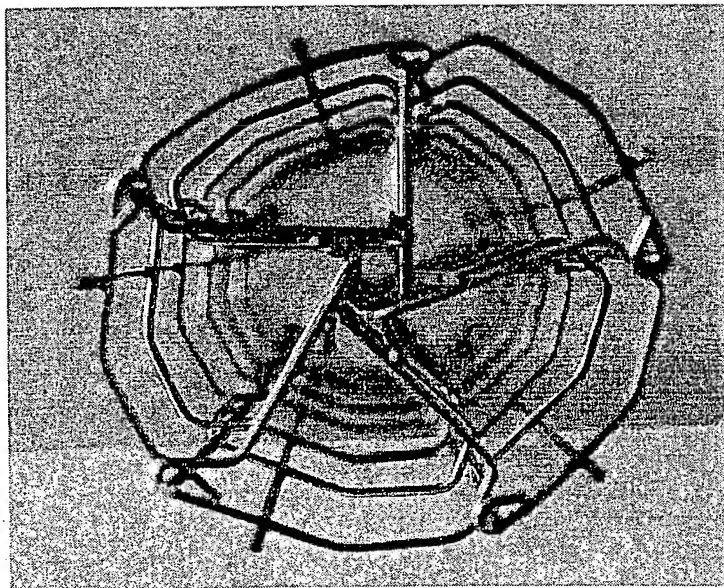


Fig 5 b)

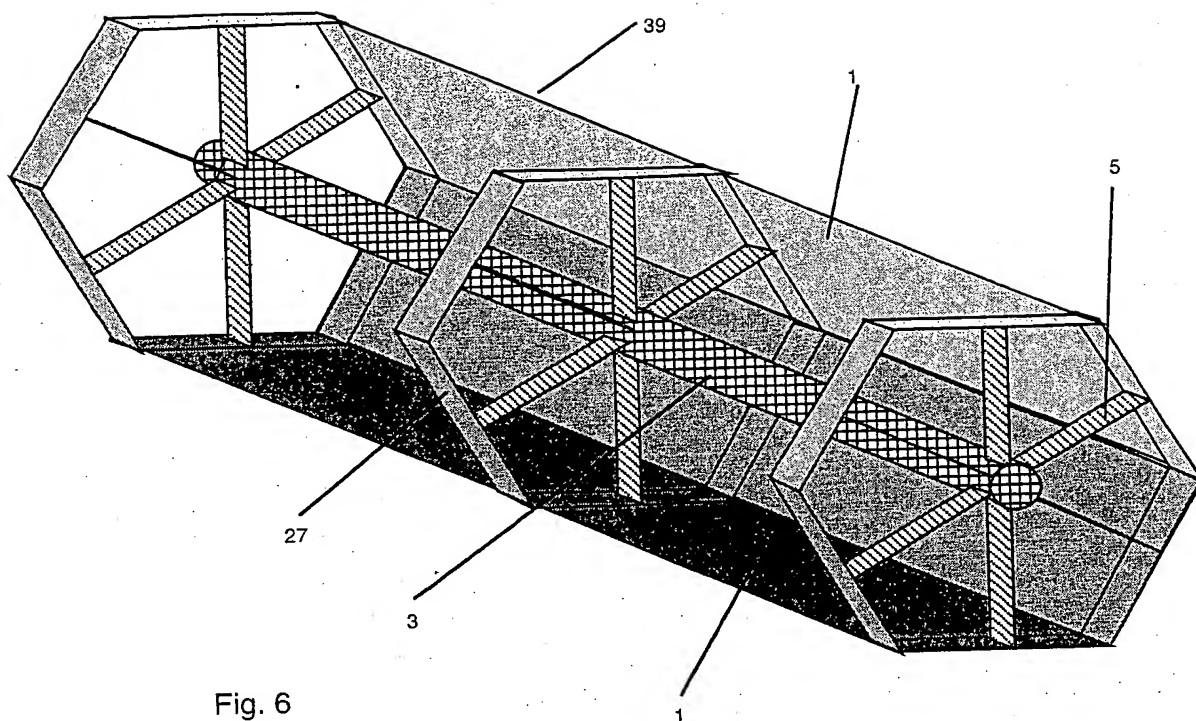


Fig. 6

FILED  
SERIAL NO.